



Studiedag

Beheer van kust en zee: beleidsondersteunend onderzoek in Vlaanderen

9 november 2001
Thermae Palace Oostende

VLIZ Special Publication 4
2001

GEEN VULTJE AAN DE NOORDZEELUCHT: AËROSOLEN KENNEN GEEN GRENZEN

René Van Grieken en Kurt Eyckmans

Universiteit Antwerpen, Departement Scheikunde, Onderzoeksgroep Micro- en Sporenanalyse
Universiteitsplein 1, B-2610 Antwerpen

Alle verontreiniging eindigt vroeg of laat onvermijdelijk in de zee. Al lang is het besef gegroeid dat het ontvangend vermogen van de Noordzee voor pollutanten beperkt is. Daarom is het uiteraard belangrijk inzicht te krijgen in de belastende factoren en de wijze waarop men de problematiek duurzaam kan behandelen. Zo zijn een aantal belangrijke negatieve invloeden op het Noordzeemilieu ingedeeld in klassen en verdeeld volgens prioriteiten (OSPAR, Quality Status Report [QSR] 2000). De klasse met de hoogste prioriteit omvat onder meer de visvangst, vervuiling door organische pollutanten en de vervuiling door de aanvoer van grote hoeveelheden voedingsstoffen of nutriënten. Vervuiling van toxische spoormetalen behoort tot de klasse met secundaire prioriteit, maar de concentraties van al deze elementen moet nauwlettend opgevolgd worden. Terwijl al enkele decennia studies worden gewijd aan de toevoer van deze pollutanten via de rivieren en de directe lozingen van schepen of vanop de kust, is het relatief belang van atmosferische depositie naar de zee toe, dus van de afzetting van luchtpolluenten, lang onderschat en voor sommige componenten nog steeds niet precies gekend.

Atmosferische toevoer kan gebeuren door 'droge depositie', dus afzetting van gassen of partikels ('aërosolen') en door regenwater dat bezoedeld is met gassen of aërosolen ('natte depositie'). Beide vormen zijn vaak ongeveer even belangrijk boven de zee.

Om nu een idee te krijgen van de aanvoer via de lucht van de nutriënten, organische pollutanten en spoormetalen naar de Noordzee, is het belangrijk te weten onder welke vorm deze componenten aan de pollutiebronnen geëmitteerd en vervoerd worden, hoe ze verder reageren en hoe ze uiteindelijk afgezet worden. Dit houdt in dat men een idee moet hebben van de aggregatietoestand, de chemische vorm, de deeltjesgrootte van de aërosolen, de reactiviteit van de componenten en de meteorologische omstandigheden. Voor aërosoldeeltjes bepaalt de deeltjesgrootte zeer sterk hun verblijftijd in de lucht. Indien een aërosolpartikel relatief groot is (meer dan $10\text{ }\mu\text{m}$ of $0,01\text{ mm}$), zal het door de zwaartekracht snel uit de lucht vallen en vanop het land nooit de open zee bereiken. Maar deeltjes van 10 en $0,1\text{ }\mu\text{m}$ kunnen zeer stabiel zijn, geruime tijd in de lucht blijven zweven en zelfs met de wind vervoerd worden over duizenden kilometers; aërosolen kennen dus geen grenzen. De chemische reactiviteit is een ander belangrijk criterium voor de levensduur van de pollutanten in de lucht. Reactieve stoffen zullen snel reageren met andere deeltjes of gassen, waardoor deeltjes aangroeien, zwaarder worden en snel uit de lucht verwijderd zullen worden. Gassen kunnen zeer lang in de lucht blijven of snel verdwijnen, naargelang hun chemische reactiviteit. De verwijdering van de pollutanten uit de lucht is ook in zeer sterke mate afhankelijk van de weersomstandigheden; een regenbui wast de lucht schoon, hevige wind zorgt voor meer turbulentie waardoor deeltjes uit de lucht geslingerd worden, etc.

1. Zeevervuiling door nutriënten uit de atmosfeer

Voor de groei van organismen zijn er een hele reeks voedingstoffen of nutriënten noodzakelijk. Organismen vereisen negen macronutriënten, waaronder stikstof, zuurstof, koolstof en fosfor, en ook zeer lage concentraties aan o.a. ijzer en silicium (zogenaamde spoorelementen of micronutriënten). Maar bij een overvloed aan deze componenten kan er een overweldigende wildgroei van plankton ontstaan, met nefaste gevolgen voor het gehele ecosysteem. In het geval van de Noordzee zijn normaliter al de elementen die de groei bevorderen, voldoende aanwezig, behalve de stikstofcomponenten. De concentratie van deze stikstofcomponenten is dus limiterend voor de algenbloei en extra aanvoer hiervan is dus bepalend voor de toename van de biomassa en kan mogelijk leiden tot eutroficatie.

Eutroficatie is een afgeleide van een Grieks woord, waarbij *eu* 'goed' betekent, en *trophe* 'voeding'. De meest gangbare omschrijving van het fenomeen is: *een overweldigende groei van plantaardige organismen in een aquatisch systeem, te wijten aan een verhoogde aanvoer van voedingsstoffen*. Door de algemeen sterkere stromingen in kustgebieden deden de eerste voorvallen van eutroficatie zich voor in gedeeltelijk geïsoleerde delen van de kust, zoals baaien en fjorden, en in de onmiddellijke omgeving van polluerende bronnen. Een eerste geval werd beschreven in 1917. Er werd een verhoogde algenbloei vastgesteld bij de fjord rond Oslo, en vrijwel onmiddellijk werd vermoed dat deze algenbloei in verband kon worden gebracht met de vervuiling, afkomstig van de stedelijke riolering.

De gevolgen van eutroficatie kunnen zeer dramatisch zijn. Zo worden er bij het afsterven van de algenpopulaties enorme hoeveelheden zuurstof verbruikt. Dit kan leiden tot een gebrek aan zuurstof (hypoxie) tot zelfs de totale afwezigheid ervan (anoxie). Dit kan resulteren tot migraties van vispopulaties en bodemdieren of zelfs tot het afsterven van deze volledige populaties.

In de lucht boven de Noordzee kunnen de stikstofhoudende nutriënten zowel in de gasvorm als in de vaste vorm voorkomen. De oorsprong van deze nutriënten ligt enerzijds in gasvormige stikstofoxiden, anderzijds in gasvormig ammoniak. Alle andere stikstofhoudende nutriënten zijn reactieproducten van deze stikstofoxiden en van ammoniak. Gasvormige stikstofoxiden zijn afkomstig van verbrandingsprocessen en voor meer dan de helft is het autoverkeer hiervoor verantwoordelijk; ammoniak wordt voornamelijk in de omgeving vrijgesteld door veehouderijen en door landbouwactiviteiten. De nutriënten in de gasvorm zijn in het algemeen zeer reactief en reageren relatief snel weg. Zo is de residentietijd van gasvormig ammoniak maximaal vier uur. Vaste ammoniumverbindingen zijn daarentegen veel stabiel, en kunnen daardoor veel grotere afstanden afleggen.

De luchtconcentraties aan nutriënten kennen een zeer seizoensgebonden patroon. Bemestingsactiviteiten in het voorjaar en gedurende de zomermaanden zorgen voor plafondwaarden. Hogere temperaturen tijdens de zomermaanden zorgen ook voor ontbinding van ammoniumcomponenten in de bodem met vrijstelling van ammoniak.

Voor de Zuidelijke Bocht van de Noordzee is het relatief belang van de atmosferische toevoer van nutriënten in vergelijking met de meer triviale aanvoer via de rivieren nog niet exact gekend. Wij weten dus nog niet nauwkeurig of de stikstofoxiden van het autoverkeer in Zuid-Engeland veel minder belangrijk zijn dan de nutriënten die de Schelde aanvoert. Maar er is al wel aangetoond dat tijdens de zomer, bij een korte maar hevige regenbui, de atmosfeer voor

een zeer grote en vrijwel exclusieve aanvoer van nutriënten in het oppervlaktewater van de Noordzee kan zorgen, en eutroficatie zou kunnen provoceren.

2. Zeevervuiling door zware metalen uit de atmosfeer

De aanwezigheid van spoormetalen in de Noordzee is mede het gevolg van het natuurlijk voorkomen van deze metalen in de aardkorst. Maar antropogene zware metalen kunnen ook uit rivieren en uit de lucht worden aangevoerd, na hun emissie bij allerlei industriële processen, zoals metallurgie en huisvuilverbranding, bij energieproductie en bij het verbranden van fossiele brandstoffen, zoals in het verkeer of bij huisverwarming. Sinds de industriële revolutie is de extra aanvoer van deze metalen door menselijke activiteiten zeer sterk gestegen. Dit wordt bevestigd door sedimentmetingen, die aantonen dat de concentraties van o.a. lood en koper zeer sterk gestegen zijn sinds begin twintigste eeuw (maar gelukkig de laatste twee decennia ook weer behoorlijk gedaald zijn).

De menselijke bijdrage tot de emissies op wereldschaal is weergegeven in Tabel 1, voor 1995.

Tabel 1. Natuurlijke en menselijke emissies van zware metalen op wereldschaal

	Emissies (in duizend ton per jaar)					
	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Cr
Natuurlijk	1.4	28	12	45	30	43
Menselijk	7.6	35	332	132	52	31
Totaal	9.0	63	344	177	82	74

Zowel de atmosfeer als de rivieren fungeren als toevoerroute van spoormetalen. Verhoogde concentraties in het zeewater in de buurt van riviermondingen suggereren het belang van de rivieren als de belangrijkste aanvoerweg. Verder van de riviermondingen wint de atmosferische inbreng echter aan belang en wordt de atmosfeer zelfs de belangrijkste toevoerroute.

Het eerste onderzoek naar de atmosferische bijdrage voor de vervuiling van de Noordzee met zware metalen werd reeds uitgevoerd in de jaren zeventig, met sporadische metingen naar 40 verschillende spoorelementen in zowel droge depositie (gemeten via luchtfilterstalen) als natte depositie (regen). Recent zijn deze data verder systematisch aangevuld en vervolledigd.

De luchtvervuiling boven de Noordzee is vergelijkbaar gebleken met deze boven andere Europese zeeën, zoals de Baltische Zee en de Middellandse Zee, en uiteraard veel hoger dan boven de open oceanen, zoals blijkt uit Tabel 2. De aanvoer van zware metalen is veel hoger wanneer de wind lucht aanvoert van boven Engeland, Noord-Frankrijk of België, dan wanneer de luchtmassa's van de noordelijke Noordzee afkomstig zijn. Vooral vliegass van grote stookinstallaties en verontreiniging door de metallurgie blijken belangrijk. De concentratie aan zware metalen is echter nog ruim beneden de toegestane limieten, waardoor de zware metalen 'slechts' een secundaire prioriteit krijgen volgens het QSR. Gelukkig is ook gebleken dat de atmosferische concentraties en de deposities aan deze spoorelementen voor de Noordzee tussen eind jaren tachtig en midden jaren negentig gemiddeld met de helft zijn gereduceerd.

Tabel 2. Totale atmosferische depositie van zware metalen boven
verschillende zeeën (kg per km² en per jaar)

	Cu	Pb	Zn
Baltische Zee	2,9	2,4	11
Middellandse Zee	2,6	20	23
Bermuda	0,09	0,07	0,67
Noordzee (1997)	1,3	3,7	6,6